

鉛直アレーの観測記録を用いた地盤動的定数の逆解析

金沢大学工学部 ○毛利 誠信

金沢大学工学部 正会員 池本 敏和

金沢大学工学部 正会員 宮島 昌克

金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1.はじめに

構造物の耐震設計を行う上で、入力地震動の設定は重要な課題である。このとき特に問題となるのは地盤の動特性である。特に、表層地盤と呼ばれる沖積層などの軟弱地盤では、地震動が大きく増幅されることが知られている。このように、増幅特性の把握が地表面での地震時動特性の解明に深く関わってくる。

近年、鉛直アレー観測記録から地震時における地盤動特性の推定を試みる研究が行われている¹⁾など。観測記録を用いたこれらの研究は、室内試験などで推定値に大きく影響する測定誤差などの問題を回避することができる。

本研究では N 値とせん断波速度の回帰式の係数を推定する逆解析²⁾を行い、観測波形と直接せん断波速度を推定する逆解析の結果と比較検討した。

表 1 当該地点の地盤定数

Layer No.	Thickness (m)	Density (t/m ³)	Shear Wave Velocity(m/s)
1	4.00	1.15	140.0
2	10.00	1.73	320.0
3	5.00	1.95	320.0

2.解析モデル

解析対象は東京大学生産技術研究所千葉実験所に設置された 3 次元アレー観測記録網における中央観測点である³⁾。当地は深さ 5m までがローム、その下 4m 程度が砂混じり粘性土層、さらにその下が比較的均一な砂層となっている。また、周辺におけるボーリング調査結果から、当地付近は概ね水平成層地盤であることが確かめられている。

入力地震動として 1987 年 12 月 17 日の千葉県東方沖地震(M6.7)において当地において観測された EW 方向の加速度時刻歴を用いた。そして、 S 波成分のみを考慮するため、観測波形の主要動部分 10 秒間を取り出した。

観測された加速度波形のフーリエスペクトルには平滑化バンド幅 0.4Hz の Parzen Window を施し、観測記録に含まれる様々な原因によるノイズの影響を低減した。

表 1 に地下 1m~20m における PS 検層とボーリング調査から得られたせん断波速度と土質定数を示す。これらの定数を用いて 1 次元重複反射理論⁴⁾から得られた加速度の増幅率と観測波形の増幅率を図 1 に示す。高周波数領域のピークの違いから、PS 検層結果によるせん断波速度の推定に問題があるのではないかと考えられる。

3.逆解析の方法

本研究では逆解析にもとずく地盤定数の推定に遺伝的アルゴリズム (GA) を用いている。ここで扱う地盤定数の最適化問題は次のように定められる。

$$\text{目的関数} : \sum_{i=1}^N (x_i - X_i)^2 \rightarrow \text{minimum} \quad (1)$$

ここで、 X : 観測加速度の i 番目のフーリエスペクトル、

x_i : X_i に対応する計算加速度のフーリエスペクトル、 N : サ

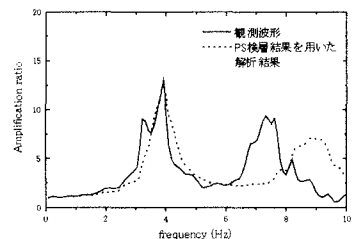


図 1 観測波形と計算波形の増幅率の比較

ンプリング数を表す。すなわち、観測加速度と計算加速度との周波数領域での誤差二乗和を求める。

今回、地下 20m から地下 1m への加速度増幅率に対して逆解析を行った。

4. 解析モデルの未知変数

GA では、未知変数の探索範囲内に生物集団を発生させ、生物の進化過程を模擬して最適解を探索する。その際、適切な拘束条件が導入できれば解の精度や安定性を高める上で有効である。小林らは⁵⁾、GA を用いた深層地盤のモデルに、下層になるほどせん断波速度が増加するという拘束条件を導入した。しかし、今回のような浅層地盤のモデルにこの拘束条件を導入するのは問題がある。そこで、下層のせん断波速度が大きい個体ほど次の世代に残りやすくするため、次の V_s と N 値の回帰式を導入した。

$$V_s = aN^b \quad (2)$$

ここで、 N : 標準観入試験による N 値、 a, b : 土質特性を表す係数を示す。 a は沖積砂質土で 80、洪積粘性土で 115 程度とされている⁹⁾。また、 b は粘性土で 0.29、砂質土で 0.33 程度とされている。 b については変化の幅が小さいため、砂質土と粘性土全体に対する回帰式の値である 0.314 に固定する。

GA の探索範囲は $a = [80, 120]$ 、 $V_s = [100, 400]$ とした。減衰定数 h は全層一定で 5% とした。また、以下の適用例では、線形解析のみを行っている。

5. 逆解析結果

観測加速度の深度 1m～20m の増幅率と逆解析で得られた増幅率の結果を図 2 に示す。なおここでは比較のため式(2)を用いて a を求めた場合と、直接 V_s を求める 2 種類の逆解析を行っている。図 3 には逆解析により求められたせん断波速度の比較を行った。

5. まとめ

今回 N 値とせん断波速度の回帰式の係数を推定する逆解析を行い、直接せん断波速度を推定する逆解析の結果と比較検討した。これから次のことがわかった。

せん断波形式と N 値の回帰式を用いた方がせん断波速度を直接推定するよりもよい結果が得られる。しかし、今回用いた回帰式は PS 検層の結果から得られたものであり、強震動では使用が不相当であると考えられる。

参考文献

- 1) 澤田孝治、原台平、岩崎山本英史：地盤の S 波速度と Q 値の同定問題における SLP 法の改良とその適用、土木学会論文集 No.446/1-19, No.2, 1995.
- 2) 本田秀夫：実地震加速度記録に基づく地盤の動的物性定数の逆解析、土木学会論文集 No.517/III-31, p.p.125-133, 1995.
- 3) (財) 震災予防防協会強振動アレー観測記録データベース推進委員会、強振動アレー観測記録データベース, 1992.
- 4) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版会, p.p.182-189, 1994.
- 5) 小林喜久二、植竹富一、真下貢、小林啓美：地震動初期動部の水平上下スペクトル振幅の逆解析による深層地盤構造の推定法第 10 回日本地震工学会シンポジウム, C5-20, 1998.
- 6) 土岐憲三：新体系土木工学 11 構造物の耐震解析、土木学会編、技報堂出版, p.p.71-75, 1981.

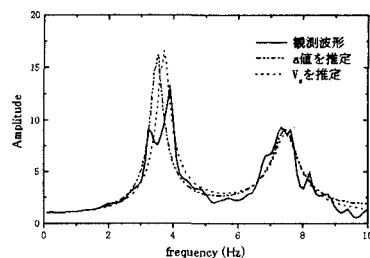


図 2 逆解析により求められた加速度波形と観測波形の増幅率の比較

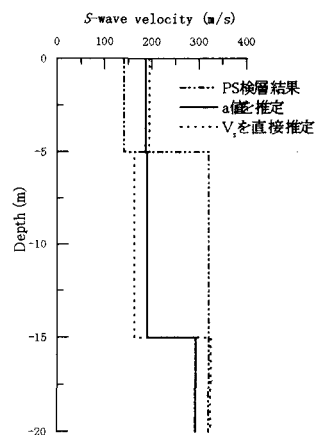


図 3 逆解析により求められたせん断波速度の比較